ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสเกิดการชนของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขณะเข้าสู่วงเวียน

FACTORS AFFECTING CRASH LIKELIHOOD OF MOTORCYCLES ENTERING A ROUNDABOUT

พงศ์พิวัชร์ จันทร์วงษา[1,*] วิชุดา เสถียรนาม[2] และ ธเนศ เสถียรนาม[3]

[1,2,3] ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น

**Corresponding author; E-mail address: Pongpiwatch@kkumail.com*

บทคัดย่อ

วงเวียนเป็นมาตรการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกที่มีประสิทธิภาพและถูกใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ อย่างไรก็ตาม เมื่อนำวงเวียนมาใช้ในประเทศไทย ยังคงมีข้อกังขาถึงความปลอดภัยของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในขณะเข้าและออกจากวงเวียน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสในการเกิดการชนของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ขณะเข้าสู่วงเวียน งานวิจัยนี้สำรวจกายภาพวงเวียนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 35 - 50 เมตร จำนวน 4 แห่งภายในเขตมหาวิทยาลัยขอนแก่น บันทึกวิดีโอสภาพการจราจรด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAVs) สังเกตและบันทึกเหตุการณ์ที่รถจักรยานยนต์รวมกระแสจราจรกับรถในวงเวียน 785 ครั้ง คำนวณค่าดัชนีระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (Post-Encroachment Time, PET) ของแต่ละเหตุการณ์ และสร้างแบบจำลองระยะเวลาหลังการรุกล้ำด้วยเทคนิคการถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression) เพื่ออธิบายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสเกิดการชน ผลการศึกษาพบว่าลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่ ลักษณะการรวมกระแสจราจร และลักษณะทางกายภาพของวงเวียน มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อโอกาสเกิดการชน โดยพฤติกรรมที่ผู้ขับขี่ไม่ให้ทางรถในวงเวียนเข้ามาให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียน ใช้ความเร็วเข้าสู่วงเวียนที่เพิ่มขึ้น การรวมกระแสจราจรกับรถชนิดเดียวกัน และการเข้าสู่วงเวียนในทิศทางที่มีรัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่ ๆ มากขึ้น ล้วนเป็นปัจจัยที่เพิ่มโอกาสในการเกิดการชน ผลจากการศึกษานี้ทำให้ทราบถึงปัจจัยที่ควรให้ความสำคัญในขณะออกแบบและดำเนินการวงเวียน เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ขณะเข้าสู่วงเวียน

คำสำคัญ: โอกาสเกิดการชน, จักรยานยนต์, วงเวียน, ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ, การถดถอยเชิงพหุคูณ

Abstract

Roundabouts are one of the most effective and widely used intersection controls in developed nations. Concerns have been raised, however, about the safety of motorcyclists using roundabouts in Thailand, especially when entering and exiting the roundabout. This research, therefore, aimed to examine the factors that affect the crash likelihood of motorcycles entering roundabouts. This study observed 4 roundabouts located at Khon Kaen University. Their inscribed diameters ranged from 35 meters to 50 meters. UAVs were used to video traffic characteristics. During post-recording analysis, 785 interaction events were observed. The characteristics of the motorcycle and the other vehicle, as well as the post-encroachment time (PET), were extracted for each interaction. Using the technique of multiple linear regression, the PET, which is used to describe the crash likelihood, was modeled to identify their contributing factors. The results showed that the characteristics of motorcyclists, the characteristics of interaction events, and the geometry of roundabouts have a significant impact on crash risks. Failure to yield to vehicles inside the roundabout, the yielding behavior within a circulatory roadway, an increase in speed of entering motorcycles, and the involvement of motorcycles in the conflict, were factors that increased crash likelihood. In addition, this study discovered that the likelihood of a collision increases as the radius of deflection increases. Ultimately, the results of this research highlight the variables influencing the risk of collision for motorcyclists entering roundabouts, which should be prioritized in terms of safety.

Keywords: Crash Likelihood, Motorcycle, Roundabout, Post-Encroachment Time, Multiple Linear Regression

1. บทนำ

วงเวียนสมัยใหม่เป็นมาตรการควบคุมการจราจรบริเวณทางแยกที่มีประสิทธิภาพและถูกใช้งานอย่างแพร่หลายในต่างประเทศโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทวีปยุโรป วงเวียนมีกายภาพที่สามารถควบคุมความเร็วของยานพาหนะที่จะเข้าสู่ทางแยกและยังสามารถช่วยลดจุดขัดแย้งที่เป็นอันตรายแก่ผู้ขับขี่ยานพาหนะได้อีกด้วย นอกจากนั้น หลักการออกแบบยังคำนึงถึงความปลอดภัยสำหรับผู้ใช้รถใช้ถนนที่เปราะบางประเภทคนเดิน

เท้าและนักปั่นจักรยาน โดยมีการออกแบบทางข้ามสำหรับคนเดินเท้า [1] และสำหรับนักปั่นจักรยาน AASHTO [2] อธิบายหลักการออกแบบที่ให้นักปั่นจักรยานที่จะเข้าสู่วงเวียนมีทางเลือกในการใช้เส้นร่วมกับยานพาหนะหรือเลือกใช้ทางเดินเท้าร่วมกับคนเดินเท้าในการผ่านทางแยก

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำวงเวียนมาใช้ในประเทศไทย ยังคงมีข้อกังขาถึงความปลอดภัยของผู้ใช้รถจักรยานยนต์ ผู้ขับขี่กลุ่มนี้นับเป็นผู้ใช้ถนนกลุ่มเปราะบางในประเทศไทยซึ่งมีโอกาสเกิดการชนและพบกับความรุนแรงจากการชนมากกว่ายานพาหนะประเภทอื่น ๆ ณ บริเวณวงเวียน [3-4] ซึ่งหนึ่งในประเภทการชนที่พบบ่อยที่สุดภายในวงเวียน คือ การชนบริเวณทางเข้าสู่วงเวียน [3] สาเหตุเกิดจากการให้ทางที่ผิดพลาดแก่ยานพาหนะภายในวงเวียน

หากกล่าวถึงหลักการออกแบบวงเวียนที่อาจมีอิทธิพลต่อโอกาสเกิดการชนของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่เข้าสู่วงเวียน [4-6] เช่น ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ การออกแบบรัศมีโค้งทางเข้า และระยะการมองเห็น เป็นต้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่ หลักการออกแบบเหล่านี้จะคำนึงถึงเฉพาะผู้ใช้รถยนต์จึงเป็นเหตุให้วงเวียนพบปัญหาในการควบคุมพฤติกรรมการขับขี่ที่ไม่พึงประสงค์ของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่อาจเป็นสาเหตุในการเกิดการชนภายในบริเวณวงเวียน [3-4] เช่น พฤติกรรมการใช้ความเร็วที่ไม่เหมาะสม และพฤติกรรมการให้ทางที่ผิดพลาดแก่ยานพาหนะในวงเวียน เป็นต้น ดังนั้นในหลักการออกแบบวงเวียนควรให้ความสำคัญถึงความปลอดภัยของผู้ขับขี่จักรยานยนต์เพิ่มมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศที่มีการใช้รถจักรยานยนต์จำนวนมาก ซึ่งประเทศไทยเป็นหนึ่งในกลุ่มประเทศเหล่านี้ที่รถจักรยานยนต์ต้องใช้เส้นทางการจราจรร่วมกับยานพาหนะที่มีขนาดใหญ่กว่า เช่น รถยนต์และรถโดยสารประจำทาง เป็นต้น ทำให้โอกาสในการเกิดการชนยิ่งเพิ่มมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม การศึกษาที่ผ่านส่วนใหญ่จะเน้นไปที่การศึกษาการเกิดความขัดแย้งของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่ผ่านทางแยกและหากเป็นการศึกษาการเกิดความขัดแย้งที่เกิดขึ้นบริเวณวงเวียนจะพบเฉพาะการศึกษาความขัดแย้งที่ไม่มีการแบ่งประเภทของยานพาหนะ ในปัจจุบัน การศึกษาความขัดแย้งที่เกิดขึ้นบริเวณวงเวียนยังไม่มีการศึกษาที่เจาะจงเฉพาะกลุ่มผู้ขับขี่จักรยานยนต์มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาความขัดแย้งในลักษณะเข้ารวมกระแสจราจรกับยานพาหนะในวงเวียนที่เป็นหนึ่งในปัญหาความขัดแย้งหลักที่เกิดขึ้นภายในวงเวียน ทำให้ยังต้องมีการศึกษาเพื่อเพิ่มเติมองค์ความรู้ที่จะสะท้อนให้เห็นถึงปัญหาที่ส่งผลต่อการเกิดความขัดแย้งลักษณะนี้

ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสในการเกิดการชนของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่จะเข้าสู่วงเวียน ด้วยวิธีการวิเคราะห์ถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression) และใช้มาตรการระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (Post-Encroachment Time, PET) ในการอธิบายถึงเหตุการณ์ที่มีโอกาสเกิดการชน เมื่อผู้ขับขี่จักรยานยนต์เข้ารวมกระแสจราจรกับยานพาหนะในวงเวียน

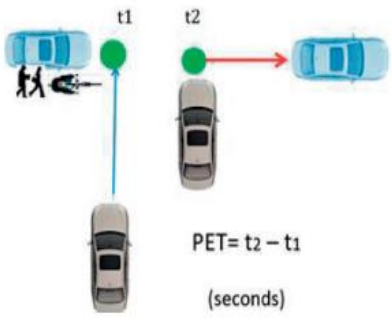
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์ดัชนีเสมือนจริง (Surrogate measures) เป็นการวิเคราะห์ค่าดัชนีที่บ่งบอกถึงเหตุการณ์ที่คาดว่าจะเกิดการชนแต่ยังไม่เกิดหรือเรียกว่า เหตุการณ์เกือบเกิดการชน (Near-crash) โดยดัชนีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ความขัดแย้งการจราจร [7] ได้แก่ ระยะเวลาที่จะเกิดการชน (Time-to-Collision, TTC) และ ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (Post-Encroachment Time, PET)

2.1.1 ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (Post-Encroachment Time, PET)

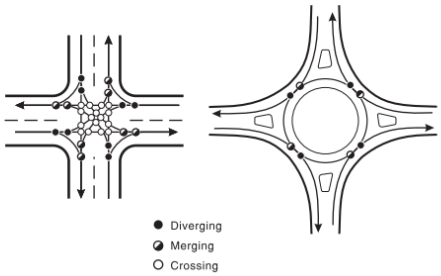
ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) เป็นหนึ่งในดัชนีความปลอดภัยเสมือนจริงที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ความขัดแย้งการจราจร โดยระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) คือ ระยะเวลาระหว่างผู้ใช้ถนนคนแรกออกจากพื้นที่ขัดแย้งกับช่วงเวลาที่ผู้ใช้ถนนคนที่สองมาถึงพื้นที่เดียวกัน (หน่วย วินาที) [7] ดังแสดงในรูปที่ 1 ซึ่งระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) เหมาะสมสำหรับการประเมินความขัดแย้งที่ทางแยกและสามารถประมาณค่าได้ง่ายโดยใช้การวิเคราะห์ผ่านวิดีโอ ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ยังแสดงถึงพฤติกรรมของผู้ขับขี่อีกด้วย โดยประเภทการชนที่เหมาะสมสำหรับการใช้ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) เพื่อศึกษาความขัดแย้ง ส่วนใหญ่จะเป็นการชนที่มีการทำมุมฉากกันหรือการชนแบบตัดกันของยานพาหนะ การชนคนเดินเท้า การชนแบบรวมกระแสหรือการชนแบบแยกกระแส และการชนแบบผสาน [8] ซึ่งจะสามารถคำนวณระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ได้ก็ต่อเมื่อเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะมีการตัดกัน [7] ในส่วนของความสัมพันธ์กับโอกาสในการเกิดการชน กล่าวคือ ถ้าหากระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) มีค่าลดลง จะสามารถบ่งบอกถึงโอกาสในการเกิดการชนระหว่างยานพาหนะมีเพิ่มมากขึ้น [9]



รูปที่ 1 การวิเคราะห์ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) [7]

2.1.2 จุดขัดแย้งบริเวณวงเวียน

วงเวียนเป็นหนึ่งในมาตรการที่สามารถลดจำนวนจุดขัดแย้งบริเวณทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจรจาก 32 จุด เหลือเพียง 8 จุด ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 จำนวนจุดขัดแย้งบริเวณทางแยกที่ไม่มีสัญญาณไฟจราจรและบริเวณวงเวียน [1]

ซึ่งประเภทของจุดขัดแย้งที่เกิดขึ้นบริเวณวงเวียนมี 2 ประเภท ได้แก่ จุดขัดแย้งแบบรวมกระแสจราจร (Merging Conflict) และ จุดขัดแย้งแบบแยกกระแสจราจร (Diverging Conflict)

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยที่ใช้มาตรการความปลอดภัยเสมือนจริง (Surrogate Safety Measures, SSM) ในการศึกษาการเกิดความขัดแย้ง

Goyani et al. (2021) [10] ศึกษาการเกิดความขัดแย้งลักษณะตัดกันของกระแสจราจรบริเวณสามแยก (T-Intersection) ในประเทศอินเดีย ด้วยมาตรการระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ซึ่งจะแบ่งประเภทของความขัดแย้งเป็น 2 ประเภท คือ ความขัดแย้งวิกฤต (Critical Conflict) เมื่อค่าระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) อยู่ในช่วง -1 วินาที ถึง 1 วินาที และค่าที่ไม่อยู่ในช่วงดังกล่าวจะถูกระบุว่าเป็นความขัดแย้งที่ไม่วิกฤต (Non-Critical Conflict) ผลการศึกษาพบว่า การเข้าสู่กระแสจราจรบนถนนสายหลักของผู้ขับขี่ยานพาหนะ, ปริมาณจราจรที่เพิ่มมากขึ้น, ประเภทของยานพาหนะ, สัดส่วนที่เพิ่มขึ้นของรถจักรยานยนต์ในกระแสจราจรที่ขัดแย้งกัน และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกาะกลางที่มีขนาดเล็กกว่าบริเวณทางแยกเป็นปัจจัยมีอิทธิพลต่อการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์ความขัดแย้งวิกฤต (Critical Conflict)

Paul et al. (2021) [11] ศึกษาผลกระทบของรถจักรยานยนต์ที่มีต่อการเกิดความขัดแย้งลักษณะตัดกันของกระแสจราจรบริเวณสามแยก (T-Intersection) ในประเทศอินเดีย ด้วยมาตรการระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) และพัฒนาแบบจำลองการถดถอยทวินามเชิงลบที่ถูกตัดทอน (Truncated Negative Binomial regression) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนการเกิดความขัดแย้งที่วิกฤต (Critical Conflict) และความขัดแย้งไม่วิกฤต (Non-Critical Conflict) ผลการศึกษาพบว่า เมื่อปริมาณจราจรบริเวณทางแยกมีเพิ่มมากขึ้นจะทำให้จำนวนการเกิดความขัดแย้ง (วิกฤตและไม่วิกฤต) เพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน รวมถึงลักษณะทางกายภาพของทางแยกที่มีเกาะกลางแบ่งแยกทิศทางของกระแสจราจรจะมีผลทำให้จำนวนการเกิดความขัดแย้งวิกฤต (Critical Conflict) ลดน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะทางกายภาพของทางแยกที่ไม่มีเกาะกลางแบ่งแยกทิศทางของกระแสจราจร

Shawky et al. (2022) [12] ประเมินความปลอดภัยทางถนนบริเวณวงเวียนในประเทศอียิปต์ โดยการใช้แนวคิดมาตรการความปลอดภัยเสมือนจริง (SSM) ในการวิเคราะห์ความขัดแย้งด้านการจราจร ซึ่งมาตรการที่ใช้คือระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ผลการศึกษาพบว่า ผู้ขับขี่ยานพาหนะที่ไม่ทำตามกฎการให้ทางแก่ยานพาหนะภายในวงเวียน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ในการขับขี่ยานพาหนะมีอิทธิพลต่อการเพิ่มโอกาสเกิดความขัดแย้งภายในวงเวียน

อัครพงษ์ เทพแก้ว และคณะ (2022) [13] ประเมินจำนวนจุดขัดแย้งและประสิทธิภาพของทางแยกวงเวียนสันติธรรม จังหวัดเชียงใหม่ โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองสภาพการจราจรระดับจุลภาคในการประเมินจำนวนจุดขัดแย้งและประสิทธิภาพด้านการจราจรของทางแยก ซึ่งได้แบ่งการปรับปรุงทางแยกเป็น 3 รูปแบบ ได้แก่ 1).ทางแยกวงเวียนสภาพปัจจุบัน 2).การเพิ่มขนาดเกาะกลางของวงเวียน 3).การเพิ่มขนาดเกาะกลางของวงเวียนและปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของทางเข้าทางแยก ผลการศึกษาพบว่า ทางแยกวงเวียนที่มีการเพิ่มขนาดเกาะกลางของวงเวียนและปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของทางเข้าทางแยก มีจำนวนจุดขัดแย้งที่น้อยกว่าการออกแบบทั้ง 2 ลักษณะ และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพทางด้านการจราจรของทางแยกวงเวียนได้ดีขึ้นอีกด้วย

2.2.2 งานวิจัยที่ประเมินความปลอดภัยของวงเวียน

Montella (2019) [14] ศึกษาความปลอดภัยในการให้บริการของวงเวียน โดยจะใช้ประเด็นต่างๆ ของปัญหาด้านความปลอดภัยบนวงเวียนเป็นส่วนหนึ่งในการประเมินความปลอดภัยบนวงเวียน ซึ่งได้แก่ประเด็นปัญหาด้านการออกแบบทางเรขาคณิต เครื่องหมาย ป้าย สภาพแวดล้อมถนนและทางเท้า ผลการศึกษาพบว่า รัศมีการเบนของเส้นทางการเคลื่อนที่ยานพาหนะเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการเกิดการชนกันในวงเวียน โดยรัศมีการเบนของเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่เพิ่มมากขึ้นจะส่งผลให้โอกาสเกิดการชนเพิ่มมากขึ้นด้วย

Al-Marafi et al. (2020) [15] ศึกษาค่าสัมประสิทธิ์ร้อยละของอุบัติเหตุ (Crash Modification factors, CMF) สำหรับวงเวียน โดยการประเมินลักษณะการจราจร ลักษณะทางกายภาพ และอิทธิพลที่มีต่อประสิทธิภาพความปลอดภัยของวงเวียน ถ้าหากค่า CMF เท่ากับ 1.0 แสดงว่าไม่มีผลกระทบต่อความปลอดภัย ในขณะที่ CMF ที่มากกว่า 1.0 บ่งชี้ถึงการปรับปรุงที่ส่งผลให้จำนวนการชนสูงขึ้น ในทางกลับกัน ค่า CMF ที่น้อยกว่า 1.0 บ่งชี้ถึงการปรับปรุงนั้นส่งผลให้จำนวนการชนลดลง ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มขึ้นของจำนวนขาของวงเวียน จำนวนช่องจราจรขาเข้า จำนวนช่องจราจรขาออก ขนาดความกว้างของถนนขาเข้า รัศมีถนนขาเข้า และขนาดความกว้างของถนนภายในวงเวียน ส่งผลให้โอกาสในการเกิดการชนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งตรงกันข้ามกับการเพิ่มขึ้นของขนาดความกว้างของถนนขาออก รัศมีถนนขาออก และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกาะกลางภายในวงเวียนที่จะส่งผลให้โอกาสในการเกิดการชนนั้นลดลง

จากการทบทวนวรรณกรรม การศึกษาความขัดแย้งของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ส่วนใหญ่จะเป็นการศึกษาความขัดแย้งที่เกิดขึ้นบริเวณทางแยก ยังขาดการศึกษาความขัดแย้งที่เจาะจงเฉพาะกลุ่มผู้ขับขี่จักรยานยนต์บริเวณวงเวียน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาความขัดแย้งในลักษณะรวม

กระแสจราจรกับยานพาหนะในวงเวียนที่เป็นหนึ่งในปัญหาหลักของความขัดแย้งที่เกิดขึ้นภายในวงเวียน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงนำผลการศึกษาที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมมาเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จะนำไปใช้ในการศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสเกิดการชนของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่จะเข้าสู่วงเวียน ซึ่งจะแบ่งกลุ่มปัจจัยออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ปัจจัยด้านลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ ปัจจัยด้านลักษณะของการรวมกระแสจราจร และปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพของวงเวียน โดยจะอธิบายรายละเอียดของแต่ละปัจจัยในหัวข้อการสำรวจเหตุการณ์ที่เกือบจะเกิดการชน และใช้มาตรการระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) อธิบายถึงโอกาสที่เกิดการชนของเหตุการณ์รวมกระแสจราจร

โดยสมมติฐานงานวิจัย คือ ปัจจัยต่าง ๆ ของการศึกษานี้มีอิทธิพลต่อระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET)

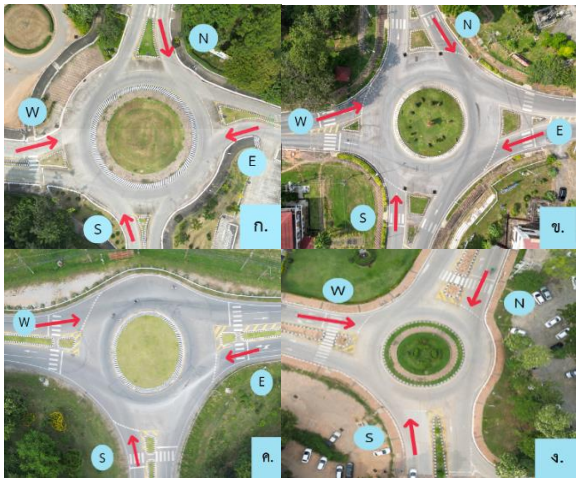
สมมติฐานทางสถิติ คือ H_0: ตัวแปรอิสระ (X_i) ไม่มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (Y) และ H_1: ตัวแปรอิสระ (X_i) มีอิทธิพลต่อตัวแปรตาม (Y)

โดยที่ ตัวแปรตาม (Y) คือ ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) และ ตัวแปรอิสระ (X_i) คือ ปัจจัย i ของการศึกษานี้

3. วิธีการดำเนินงาน

3.1 พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้เลือกวงเวียน 4 แห่ง ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นพื้นที่ศึกษา ประกอบด้วย ก).วงเวียนบริเวณสำนักงานอธิการบดี ข).วงเวียนบริเวณคณะวิศวกรรมศาสตร์ ค).วงเวียนบริเวณหอพักที่ 16 และ ง).วงเวียนบริเวณคณะเทคนิคการแพทย์ ดังแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งโดยส่วนใหญ่พื้นที่ศึกษาเป็นวงเวียน 1 ช่องจราจร ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (Inscribed diameter) ตั้งแต่ 35 เมตร ถึง 50 เมตร และมีลักษณะทางกายภาพของวงเวียนที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 3 วงเวียนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้ใช้อากาศยานไร้คนขับหรือโดรน (Unmanned Aerial Vehicles, UAVs) บันทึกวิดีโอสภาพการจราจรบริเวณวงเวียน ในช่วงเวลาเร่งด่วนเย็นของวันราชการ (16.00 - 18.00 น.) ซึ่งจะบินเหนือวงเวียนด้วยความสูงประมาณ 80 ม. และทำมุมประมาณ 90 องศากับวงเวียน สำหรับจำนวนการเก็บข้อมูลในแต่ละวงเวียนจะขึ้นอยู่กับปริมาณรถจักรยานยนต์ที่ตรงเข้าสู่ทางแยกในแต่ละทิศทาง

3.3 การสำรวจเหตุการณ์ที่เกือบจะเกิดการชน

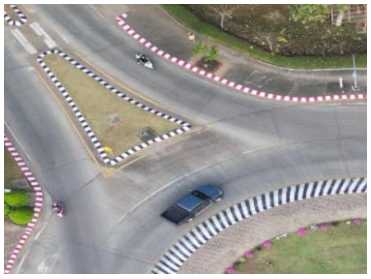
การสำรวจเหตุการณ์ที่เกือบจะเกิดการชน คือ การสำรวจเหตุการณ์ความขัดแย้งที่มีโอกาสที่จะเกิดการชนในลักษณะรวมกระแสจราจรระหว่างรถจักรยานยนต์ที่มุ่งตรงเข้าสู่วงเวียนกับยานพาหนะที่อยู่ในวงเวียน ทั้งนี้เพื่อให้สามารถแสดงถึงพฤติกรรมการขับขี่ของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ในเหตุการณ์รวมกระแสจราจรกับยานพาหนะในวงเวียนให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น

ดังนั้น ข้อจำกัดของการสำรวจเหตุการณ์ที่เกือบจะเกิดการชน คือ ผู้วิจัยจะสังเกตเฉพาะเหตุการณ์ความขัดแย้งในการรวมกระแสจราจรของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่มุ่งตรงเข้าสู่วงเวียนและไม่ได้รับอิทธิพลที่มีต่อพฤติกรรมการเข้าสู่วงเวียนจากยานพาหนะคันอื่น ๆ รอบข้าง ดังแสดงในรูปที่ 4

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพวงเวียน

ลักษณะทางกายภาพของวงเวียน	ทิศทาง	วงเวียน			
		ก.	ข.	ค.	ง.
จำนวนขาของวงเวียน	-	4	4	3	3
ขนาดความกว้างของทางวิ่งวนภายในวงเวียน (ม.)	-	8.5	11	12	6.5
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกาะกลาง (ม.)	-	34	24	26	22
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางวงเวียน (ม.)	-	51.0	46.4	48.5	35.3
ขนาดความกว้างถนนขาเข้า (ม.)	N	4.0	6.5	-	6.5
	S	4.0	6.0	5.2	7.0
	E	4.6	6.5	5.2	-
	W	5.0	6.5	6.0	5.0
รัศมีของถนนขาเข้า (ม.)	N	21.4	54.6	-	10.6
	S	16.4	21.5	29.7	29.7
	E	12.3	41.0	22.7	-
	W	18.9	32.4	87.9	16.9
รัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะผ่านวงเวียน (ม.)**	N	34.5	47.0	-	249.8
	S	35.8	197.3	44.6	25.7
	E	36.9	69.4	45.6	-
	W	37.3	62.1	215.8	31.9

*หมายเหตุ : **วัดรัศมีของส่วนโค้งที่เว้นระยะห่างจากเส้นขอบถนนขาเข้า เส้นขอบของเกาะกลางวงเวียน และเส้นขอบถนนขาออกอย่างละ 1 ม. [14]*



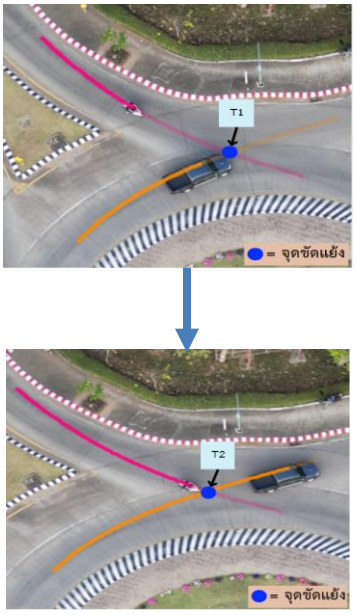
รูปที่ 4 เหตุการณ์รวมกระแสจราจร

งานวิจัยนี้ทำการแบ่งปัจจัยที่จะนำมาศึกษาโอกาสเกิดการชนลักษณะรวมกระแสจราจรของรถจักรยานยนต์ที่จะเข้าสู่วงเวียนออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ ลักษณะการรวมกระแสจราจร และลักษณะทางกายภาพของวงเวียน ซึ่งจะแสดงรายละเอียดของแต่ละปัจจัยดังตารางที่ 2

โดยการศึกษานี้สำรวจเหตุการณ์รวมกระแสจราจรได้ทั้งหมด 785 ครั้ง ซึ่งในแต่ละเหตุการณ์จะใช้โปรแกรม กิโนเวีย (kinovea) [16] ในการติดตามเส้นทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่มีโอกาสที่จะเกิดความขัดแย้งกันในวงเวียน ดังแสดงในรูปที่ 5 และบันทึกข้อมูลลักษณะของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ ลักษณะการรวมกระแสจราจร รวมถึงคำนวณระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ดังสมการที่ (1)

$$PET = T2 - T1 \quad (1)$$

โดยที่ $T1$ คือ เวลาที่ยานพาหนะคันแรกออกจากจุดที่เกิดความขัดแย้งของการจราจร (วินาที) และ $T2$ คือ เวลาที่ยานพาหนะคันที่สองเข้าสู่จุดที่เกิดความขัดแย้งของการจราจร (วินาที)



รูปที่ 5 การวิเคราะห์เหตุการณ์ที่เกือบจะเกิดการชนในการรวมกระแสจราจรด้วยโปรแกรม กิโนเวีย (kinovea)

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเหตุการณ์ที่เกือบจะเกิดการชนมาวิเคราะห์ผลทางสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) เพื่อแสดงลักษณะของข้อมูลในกลุ่มปัจจัยต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในประเภทของตัวแปรเชิงคุณภาพและตัวแปรเชิงปริมาณ โดยตัวแปรเชิงคุณภาพ ได้แก่ อุปกรณ์ความปลอดภัย ผู้โดยสาร พฤติกรรมการให้ทาง และประเภทยานพาหนะคู่กรณี เป็นต้น ตัวแปรเชิงปริมาณ ได้แก่ ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียน มุมของความขัดแย้ง และระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) เป็นต้น และวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสเกิดการชน โดยใช้เทคนิคการถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression) และใช้วิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบลำดับขั้น (Stepwise Method) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยตัวแปรอิสระต้องไม่มีความสัมพันธ์ระหว่างกันสูง (Multicollinearity) นั่นคือ Tolerance มีค่าใกล้ 1 และ Variance Inflation Factor (VIF) มีค่าน้อยกว่า 10 [17] กำหนดให้ตัวแปรตาม (Dependent Variable) คือ ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ซึ่งแนวโน้มของโอกาสในการเกิดการชนจะเพิ่มขึ้น เมื่อค่าระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ลดน้อยลง และตัวแปรอิสระ (Independent Variable) คือปัจจัยที่สนใจศึกษาในงานวิจัยนี้ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ศึกษาโอกาสเกิดการชน

กลุ่มปัจจัย	ปัจจัย	คำอธิบาย	หน่วย
ลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่จักรยานยนต์	อุปกรณ์ความปลอดภัย	การสวมหมวกกันน็อคของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่จะเข้าสู่วงเวียน	0 คือ สวมหมวกกันน็อค
			1 คือ ไม่สวมหมวกกันน็อค
	ผู้โดยสาร	ผู้โดยสารของรถจักรยานยนต์ที่จะเข้าสู่วงเวียน	0 คือ มีผู้โดยสาร
			1 คือ ไม่มีผู้โดยสาร
	พฤติกรรมการให้ทาง	พฤติกรรมการให้ทางแก่รถในวงเวียน	0 คือ ให้ทางหลังเส้นให้ทาง
			1 คือ ให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียน
			2 คือ ไม่ให้ทาง
	ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียน	ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียน	กิโลเมตร/ชั่วโมง
ลักษณะการรวมกระแสจราจร	ประเภทยานพาหนะคู่กรณี	ประเภทยานพาหนะที่เกี่ยวข้องกับการเกิดความขัดแย้งในการเข้ารวมกระแสจราจร หรือรถคู่กรณี	0 คือ รถยนต์
			1 คือ รถจักรยานยนต์
	มุมของความขัดแย้ง	มุมของความขัดแย้งในการรวมกระแสจราจรระหว่างรถคู่กรณี	องศา
ลักษณะทางกายภาพวงเวียน	จำนวนขา	จำนวนขาของแต่ละวงเวียน	0 คือ วงเวียน 3 ขา
			1 คือ วงเวียน 4 ขา
	ขนาดความกว้างถนนขาเข้า	ขนาดความกว้างถนนขาเข้าของแต่ละขาในวงเวียน (Entry width)	เมตร

ตารางที่ 2 ปัจจัยที่ศึกษาโอกาสเกิดการชน (ต่อ)

กลุ่มปัจจัย	ปัจจัย	คำอธิบาย	หน่วย
ลักษณะทางกายภาพวงเวียน	รัศมีของถนนขาเข้า	รัศมีของถนนขาเข้าของแต่ละขาในวงเวียน (Entry radius)	เมตร
	ความกว้างทางวิ่งวนในวงเวียน	ขนาดความกว้างของถนนทางวิ่งวนภายในวงเวียน (Circulatory roadway width)	เมตร
	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกาะกลาง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเกาะกลางภายในวงเวียน (Central island diameter)	เมตร
	รัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่	รัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่ผ่านวงเวียน (Radius of deflection)	เมตร

รูปแบบสมการของการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression) แสดงในสมการที่ (2)

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \ldots + b_kx_k \quad (2)$$

เมื่อ Y คือ ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) หน่วย วินาที, x คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variables), b_0 คือ ค่าคงที่ (Constant) ของสมการถดถอย, b_k คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ (Independent Variables) โดยที่ k คือ จำนวนตัวแปรอิสระในสมการถดถอย

4. ผลการศึกษา

4.1 สถิติเชิงพรรณนา

จากการสำรวจเหตุการณ์ที่เกือบจะเกิดการชนในการรวมกระแสจราจร 785 ครั้ง สามารถสรุปสัดส่วนของจำนวนการรวมกระแสจราจรและปัจจัยเชิงคุณภาพ ได้แก่ อุปกรณ์ความปลอดภัย ผู้โดยสาร พฤติกรรมการให้ทางและประเภทยานพาหนะคู่กรณี รวมไปถึงค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation, S.D.) ของปัจจัยเชิงปริมาณ ได้แก่ ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียน มุมของความขัดแย้ง และระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ดังแสดงในตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 พบว่าลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในเหตุการณ์ที่สังเกต ส่วนใหญ่ไม่สวมหมวกกันน็อคและไม่มีผู้โดยสารซ้อนท้าย คิดเป็น 54 และ 77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในด้านพฤติกรรมการให้ทาง ผู้ขับขี่ร้อยละ 71 ให้รถในวงเวียนไปก่อน โดยร้อยละ 51 เป็นพฤติกรรมการให้ทางตามกฎหมายซึ่งผู้ขับขี่จอดรอหลังเส้นให้ทางในบริเวณทางเข้า และร้อยละ 20 เป็นการยอมให้รถในวงเวียนไปก่อนในขณะที่ผู้ขับขี่เข้ามาในทางวิ่งวนในวงเวียนแล้ว ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียนรวมเฉลี่ยของรถจักรยานยนต์ที่กำลังจะเข้ารวมกระแสจราจรภายในวงเวียน เท่ากับ 18.0 กม./ชม. (S.D.=7.2)

ด้านลักษณะของเหตุการณ์รวมกระแสจราจร ประเภทยานพาหนะคู่กรณีที่อยู่ในวงเวียนส่วนใหญ่เป็นรถจักรยานยนต์ และมุมของความขัดแย้งรวมเฉลี่ยในการรวมกระแสจราจร เท่ากับ 42 องศา (S.D.=15)

ระยะเวลาหลังการรุกล้ำเฉลี่ยของทุก ๆ ขาของวงเวียน เท่ากับ 1.48 วินาที (S.D.=0.47) โดยทิศทางขาเข้าสู่วงเวียนที่มีระยะเวลาหลังการรุกล้ำเฉลี่ยน้อยที่สุด (โอกาสเกิดการชนสูงสุด) ได้แก่ ขาเข้าสู่วงเวียนคณะวิศวกรรมศาสตร์ทางทิศใต้และขาเข้าสู่วงเวียนหอพักที่ 16 ทางทิศตะวันตก

ตารางที่ 3 ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา

สถิติเชิงพรรณนา		วงเวียน														
		ก.				ข.				ค.			ง.			รวม
		N	S	E	W	N	S	E	W	S	E	W	N	S	W	
จำนวนการรวมกระแสจราจร (ครั้ง)		58	61	68	23	59	61	59	53	49	55	60	60	60	59	785
ปัจจัย	หน่วย	ร้อยละ														
อุปกรณ์ความปลอดภัย	ไม่สวมหมวกกันน็อค	66	59	57	56	51	51	64	64	47	47	55	47	58	39	54
	สวมหมวกกันน็อค	34	41	43	44	49	49	36	36	53	53	45	53	42	61	46
ผู้โดยสาร	ไม่มีผู้โดยสาร	55	64	84	91	75	82	85	79	84	87	68	83	72	78	77
	มีผู้โดยสาร	45	36	16	9	25	18	15	21	16	13	32	17	28	22	23
พฤติกรรมการให้ทาง	ให้ทางหลังเส้นให้ทาง	55	59	54	57	52	49	56	60	37	46	37	42	52	70	51
	ให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียน	7	7	28	17	19	31	22	27	41	16	28	22	3	8	20
	ไม่ให้ทาง	38	34	18	26	29	20	22	13	22	38	35	36	45	22	29
ประเภทยานพาหนะคู่กรณี	รถยนต์	74	66	49	30	39	31	24	23	43	38	30	42	65	34	43
	รถจักรยานยนต์	26	34	51	70	61	69	76	77	57	62	70	58	35	66	57

ตารางที่ 3 ข้อมูลสถิติเชิงพรรณนา (ต่อ)

สถิติเชิงพรรณนา		วงเวียน														
		ก.				ข.				ค.			ง.			รวม
		N	S	E	W	N	S	E	W	S	E	W	N	S	W	
ปัจจัย	หน่วย	ค่าเฉลี่ย (S.D.)														
ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียน	กม./ชม.	18.0 (6.0)	18.9 (5.5)	12.0 (3.9)	16.1 (4.4)	21.8 (8.3)	18.1 (6.5)	19.8 (7.6)	17.5 (4.8)	17.8 (5.8)	21.0 (8.0)	22.7 (9.6)	16.0 (6.5)	16.6 (5.8)	14.8 (6.7)	18 (7.2)
มุมของความขัดแย้ง	องศา	44 (9)	26 (11)	27 (7)	29 (6)	52 (10)	61 (12)	48 (11)	57 (8)	51 (13)	50 (7)	32 (10)	25 (8)	39 (7)	43 (8)	42 (15)
ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ	วินาที	1.71 (0.34)	1.76 (0.43)	1.56 (0.50)	1.40 (0.35)	1.45 (0.44)	1.27 (0.36)	1.36 (0.48)	1.50 (0.44)	1.36 (0.47)	1.45 (0.49)	1.27 (0.41)	1.30 (0.46)	1.67 (0.48)	1.58 (0.49)	1.48 (0.47)

4.2 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสเกิดการชน

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างคู่ตัวแปรจะได้ค่าสหสัมพันธ์ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งพบว่าตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม (ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 ได้แก่ ผู้โดยสาร พฤติกรรมการให้ทาง ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียน ประเภทยานพาหนะคู่กรณี มุมของความขัดแย้ง ขนาดความกว้างถนนขาเข้า รัศมีถนนขาเข้า ขนาดความกว้างของทางวิ่งวนภายในวงเวียน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกาะกลางภายในวงเวียน รัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่ และตัวแปรอิสระที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม (ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ได้แก่ จำนวนขาของวงเวียน

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

	Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}
Y	1												
X_1	0.02	1											
X_2	0.097**	-0.167**	1										
X_3	-0.369**	-0.007	0.017	1									
X_4	-0.28**	-0.023	-0.032	0.492**	1								
X_5	-0.496**	-0.017	-0.06*	0.121**	0.118**	1							
X_6	-0.101**	0.069*	-0.051	0.016	0.137**	0.141**	1						
X_7	0.068*	-0.096**	0.031	-0.095**	-0.019	-0.012	0.145**	1					
X_8	-0.167**	0.014	-0.071*	0.035	0.092**	0.145**	0.244**	-0.276**	1				
X_9	-0.131**	-0.021	0.049	0.054	0.292**	0.111**	0.104**	-0.139**	0.39**	1			
X_{10}	-0.174**	-0.018	-0.043	0.014	0.267**	0.159**	0.431**	0.163**	0.094**	0.57**	1		
X_{11}	0.162**	-0.069*	0.079*	-0.015	-0.08*	-0.166**	-0.341**	0.517**	-0.83**	-0.242**	-0.031	1	
X_{12}	-0.244**	0.035	-0.028	0.067*	0.083**	0.117**	-0.087**	-0.245**	0.409**	0.272**	0.109**	-0.357**	1

*หมายเหตุ : 1). * มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 2). ** มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 โดยที่ ตัวแปรตาม : Y = ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) , ตัวแปรอิสระ : X_1 = อุปกรณ์ความปลอดภัย, X_2 = ผู้โดยสาร, X_3 = พฤติกรรมการให้ทาง, X_4 = ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียน, X_5 = ประเภทยานพาหนะคู่กรณี, X_6 = มุมของความขัดแย้ง, X_7 = จำนวนขา, X_8 = ขนาดความกว้างถนนขาเข้า, X_9 = รัศมีของถนนขาเข้า, X_{10} = ขนาดความกว้างของทางวิ่งวนภายในวงเวียน, X_{11} = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกาะกลางภายในวงเวียน, X_{12} = รัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่*

ตารางที่ 5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET)

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
กลุ่มปัจจัย	(Constant)	2.087	0.038		55.593	<.001		
ลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่จักรยานยนต์	ให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียน (ไม่ใช่ = 0 & ใช่ = 1)	-0.474	0.034	-0.398	-13.806	<.001	0.832	1.202
	ไม่ให้ทาง (ไม่ใช่ = 0 & ใช่ = 1)	-0.22	0.034	-0.211	-6.549	<.001	0.669	1.494
	ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียน (กม./ชม.)	-0.01	0.002	-0.149	-4.833	<.001	0.727	1.376
ลักษณะการรวมกระแสจราจร	ประเภทยานพาหนะคู่กรณี (รถยนต์ = 0 & จักรยานยนต์ = 1)	-0.349	0.026	-0.364	-13.276	<.001	0.918	1.089
ลักษณะทางกายภาพของวงเวียน	รัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่ (ม.)	-0.001	0	-0.141	-5.301	<.001	0.972	1.028

หมายเหตุ : ตัวแปรตาม คือ ระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) หน่วย วินาที, R^2=0.461, SEE=0.348, F=133.304, Sig. of F <.001

จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณเพื่อแสดงอิทธิพลของปัจจัยที่มีต่อโอกาสเกิดการชนในการรวมกระแสจราจรของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่จะเข้าสู่วงเวียน ด้วยวิธีการคัดเลือกตัวแปรอิสระแบบลำดับขั้น (Stepwise Method) จากตารางที่ 5 แสดงค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B), ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (Standard Error) และค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยในแบบคะแนนมาตรฐาน (Beta) ของตัวแปรต่าง ๆ ในแบบจำลอง อีกทั้งยังแสดงค่า Tolerance ที่เข้าใกล้ 1 และ VIF < 10 ในทุกปัจจัย ดังนั้นแบบจำลองนี้จึงไม่มีปัญหาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระ (Multicollinearity)

แบบจำลองนี้มีค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (R^2) เท่ากับ 0.461 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการผันแปรตัวแปรตามประมาณ 46.1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนาย (SEE.) เท่ากับ 0.348 แสดงว่าค่าคาดคะเนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มีความคลาดเคลื่อนประมาณ 0.348 หน่วย ส่วนผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่ามีค่า F เท่ากับ 133.304 และมีระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Sig. of F) น้อยกว่า 0.001 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวแปรอิสระทุกตัวในสมการสามารถร่วมกันอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

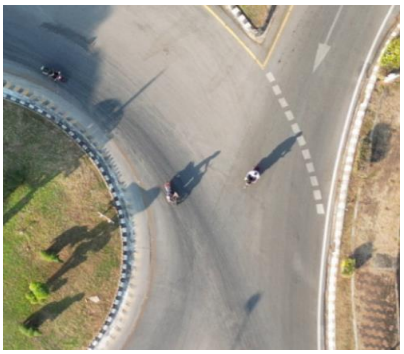
ผลการศึกษานี้พบว่ามี 5 ปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ซึ่งปัจจัยด้านลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ ได้แก่ พฤติกรรมการให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียนหรือพฤติกรรมการไม่ให้ทาง ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียน ปัจจัยด้านลักษณะการรวมกระแสจราจร ได้แก่ ประเภทยานพาหนะคู่กรณี และปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพของวงเวียน ได้แก่ รัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่ โดยทุกปัจจัยนั้นมีอิทธิพลทำให้โอกาสเกิดการชนเพิ่มขึ้นทั้งหมด (ระยะเวลาหลังการรุกล้ำลดลง) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.2.1 ด้านลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่จักรยานยนต์

พฤติกรรมการให้ทางแก่ยานพาหนะในวงเวียนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B) ของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่มีพฤติกรรมการให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียนหรือมีพฤติกรรมไม่ให้ทางแก่ยานพาหนะในวงเวียน เท่ากับ -0.474 และ -0.220 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่จะเข้าสู่วงเวียนที่มีพฤติกรรมการให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียนหรือมีพฤติกรรมไม่ให้ทางแก่ยานพาหนะในวงเวียนจะมีระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) น้อยกว่าผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่มีพฤติกรรมการให้ทางหลังเส้นให้ทาง 0.474 วินาที และ 0.220 วินาที ตามลำดับ นั่นแสดงถึงโอกาสเกิดการชนที่เพิ่มมากขึ้น

พฤติกรรมการให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียน

โอกาสในการเกิดการชนที่มีเพิ่มมากขึ้นตามความเร็วที่ผู้ขับขี่จักรยานยนต์ใช้ขณะเข้าสู่วงเวียน



รูปที่ 6 พฤติกรรมการให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียน

4.2.2 ด้านลักษณะการรวมกระแสจราจร

ประเภทยานพาหนะคู่กรณีที่อยู่ในวงเวียนของเหตุการณ์รวมกระแสจราจรมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B) เท่ากับ -0.349 แสดงให้เห็นว่าเมื่อรถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะคู่กรณีจะมีระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) น้อยกว่ากรณีที่รถยนต์เป็นยานพาหนะคู่กรณีในเหตุการณ์รวมกระแสจราจร 0.349 วินาที นั่นแสดงถึงโอกาสเกิดการชนที่เพิ่มมากขึ้น

ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าลักษณะของขนาดยานพาหนะคู่กรณีมีอิทธิพลต่อโอกาสในการเกิดการชน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Goyani [10] และหากในเหตุการณ์รวมกระแสจราจรที่รถยนต์เป็นยานพาหนะคู่กรณีที่อยู่ในวงเวียนจะส่งผลให้ผู้ขับขี่จักรยานยนต์ที่จะเข้าสู่วงเวียนมีความระมัดระวังในการขับขี่ยานพาหนะมากยิ่งขึ้น จึงทำให้โอกาสเกิดการชนลดลง (ระยะเวลาหลังการรุกล้ำเพิ่มขึ้น)

4.2.3 ด้านลักษณะทางกายภาพของวงเวียน

รัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่เข้าสู่วงเวียนเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (B) เท่ากับ -0.001 แสดงให้เห็นว่าเมื่อรัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้น 1 ม. จะมีระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ลดลง 0.001 วินาที นั่นแสดงถึงโอกาสในการเกิดการชนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Montella [14]

ดังนั้น แม้ว่ารัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผู้ขับขี่ยานพาหนะมีความสะดวกและรวดเร็วในการผ่านทางแยก แต่ในทางกลับกัน หากรัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่มากเกินไปจะส่งผลให้ยานพาหนะสามารถเคลื่อนที่ผ่านทางแยกในลักษณะเส้นตรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถจักรยานยนต์ที่จะไม่ถูกบังคับแนวทางวิ่งให้เป็นไปตามวิถีการเคลื่อนที่ของวงเวียนจึงทำให้โอกาสในการเกิดการชนมีเพิ่มมากขึ้น

5. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสเกิดการชนของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ขณะเข้าสู่วงเวียน 4 แห่งภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ในบริเวณ 14 ขาวงเวียน การสังเกตเหตุการณ์รวมกระแสจราจรของผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์ในบริเวณทางเข้าวงเวียน 14 ตำแหน่ง จำนวน 785 ครั้ง

สำรวจเหตุการณ์ที่เกือบจะเกิดการชน ด้วยมาตรการระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) และบันทึกข้อมูลต่าง ๆ จากนั้นนำมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ

ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อโอกาสเกิดการชนของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ขณะเข้าสู่วงเวียน ประกอบด้วย 3 กลุ่มปัจจัย ได้แก่ ลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ ลักษณะการรวมกระแสจราจร และลักษณะทางกายภาพของวงเวียน โดยทุกปัจจัยในแต่ละกลุ่มมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญต่อโอกาสเกิดการชนที่เพิ่มมากขึ้น (ระยะเวลาหลังการรุกล้ำลดลง) ปัจจัยด้านลักษณะพฤติกรรมของผู้ขับขี่จักรยานยนต์ คือ พฤติกรรมการให้ทางบนทางวิ่งวนในวงเวียนหรือพฤติกรรมไม่ให้ทาง ความเร็วขณะเข้าสู่วงเวียนที่เพิ่มมากขึ้น ปัจจัยด้านลักษณะการรวมกระแสจราจร คือ รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะคู่กรณีในเหตุการณ์รวมกระแสจราจร และปัจจัยด้านลักษณะทางกายภาพของวงเวียน คือ รัศมีการเบนแนวทางการเคลื่อนที่ของยานพาหนะที่เพิ่มมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม พื้นที่ศึกษาของการศึกษานี้สำรวจเฉพาะวงเวียนที่ตั้งอยู่ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งอาจมีลักษณะสภาพการจราจรที่แตกต่างจากสภาพการจราจรทั่วไป จึงทำให้ผลการศึกษาที่ได้อยู่ในบริบทของมหาวิทยาลัยขอนแก่นเท่านั้น ดังนั้น ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป โดยการพิจารณาเพิ่มเติมถึงปัจจัยในด้านกายภาพของวงเวียนหรือสภาพการจราจรในเขตพื้นที่อื่น ๆ เช่น การศึกษาในวงเวียนหลายช่องจราจร สำรวจในช่วงเวลากลางคืน และการศึกษาในเขตพื้นที่ ๆ มียานพาหนะขนาดใหญ่สัญจรไปมา เป็นต้น อีกทั้งยังสามารถพิจารณาระยะเวลาหลังการรุกล้ำ (PET) ร่วมกับความเร็วของยานพาหนะ เพื่ออธิบายถึงระดับความรุนแรงของการบาดเจ็บจากการชน ซึ่งเป็นการเพิ่มเติมองค์ความรู้ด้านความรุนแรงจากการชนที่เกิดขึ้นในวงเวียนอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

[1] Federal Highway Administration 2000 (FHWA2000). *Roundabout: An Information Guide*. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. Virginia, pp.105-157.

[2] American Association of State Highway and Transportation Officials 2012 (AASHTO2012). *Guide for Development of Bicycle Facilities Fourth Edition*. AASHTO, Washington, D.C., pp.63-66.

[3] Austroads (2015). *Improving the performance of Safe System infrastructure: final report*. AP-R498-15, Austroads, Sydney, NSW., pp.47-63.

[4] Austroads (2016). *Infrastructure improvements to reduce motorcycle casualties.* AP-R515-16, Austroads, Sydney, NSW., pp.111-114.

[5] Austroads (2020). *Guide to Traffic Management Part 6: Intersections, Interchanges and Crossings Management.* AGTM06-20, Austroads, Sydney, NSW., pp.85-86.

[6] Austroads (2020). *Guide to Road Design Part 4B: Roundabouts.* AGRD04B-15. Austroads, Sydney, NSW.

[7] Scholl, L., Elagaty, M., Ledezma-Navarro, B., Zamora, E., & Miranda-Moreno, L. (2019). A surrogate video-based safety methodology for diagnosis and evaluation of low-cost pedestrian-safety countermeasures: The case of Cochabamba, Bolivia. *Sustainability*, 11(17).

[8] Mahmud, S. M. S., Ferreira, L., Hoque, M. S., & Tavassoli, A. (2017). Application of proximal surrogate indicators for safety evaluation: A review of recent developments and research needs. *IATSS Research*, pp.153-163.

[9] Gettman, D., & Head, L. (2003). *Surrogate Safety Measures From Traffic Simulation Models Final Report*. U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. In Publication No: FHWA-RD-03-050.

[10] Goyani, J., Paul, A. B., Gore, N., Arkatkar, S., & Joshi, G. (2021). Investigation of Crossing Conflicts by Vehicle Type at Unsignalized T-Intersections under Varying Roadway and Traffic Conditions in India. *Journal of Transportation Engineering Part A Systems*, 147(2).

[11] Paul, A. B., Goyania, J., Arkatkara, S., & Joshia, G. (2021). Modeling the Effect of Motorized Two-Wheelers and Autorickshaws on Crossing Conflicts at Urban Unsignalized T-Intersections in India using Surrogate Safety Measures. *24th EURO Working Group on Transportation Meeting (EWGT2021)*, Aveiro, Portugal, 8-10 September 2021, pp.774-781.

[12] Shawky, M., Alsobky, A., Al Sobky, A., & Hassan, A. (2023). Traffic safety assessment for roundabout intersections using drone photography and conflict technique. *Ain Shams Engineering Journal*.

[13] อัครพงษ์ เทพแก้ว, รัชฎาพร ธิสาไชย และ ธนา น้อยเรือน (2022). การประเมินจำนวณจุดขัดแย้งและประสิทธิภาพของทางแยกวงเวียน กรณีศึกษา : วงเวียนสันติธรรม จังหวัดเชียงใหม่. *การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 27*, เชียงราย, 24-26 สิงหาคม 2565, หน้า 1–7.

[14] Montella, A., (2007). Roundabout in-service safety reviews: safety assessment procedure. *Transportation Research Record 2019*, pp.40–50.

[15] Al-Marafi, M. N., Somasundaraswaran, K., & Ayers, R. (2020). Developing crash modification factors for roundabouts using a cross-sectional method. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, pp.362–374.

[16] ชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล และ วีรวัฒน์ ลิ้มรุ่งเรืองรัตน์ (2556). การวิเคราะห์การเล่นกีฬาจากวีดิโอ โดยใช้โปรแกรมฟรีแวร์. *กลุ่มวิจัยและพัฒนา สำนักวิทยาศาสตร์การกีฬา กรมพลศึกษา กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา*.โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

[17] ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์ (2559). การใช้ IBM SPSS Statistics เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล. *สาขาวิชาการวิจัยและประเมินทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*. หน้า 83-125